

Catálogo de experimentos remotos en VISIR para circuitos electrónicos básicos

Javier García-Zubía, Unai Hernández Jayo, Susana Romero Yesa

Facultad de ingeniería, Universidad de Deusto
Avda. Universidades 24, 48007 Bilbao, España
zubia@deusto.es

Jordi Cuadros Margarit, Vanessa Serrano Molinero

IQS-Universidad Ramón Llull
Vía Augusta, 390, 08017 Barcelona
jordi.cuadros@iqs.url.edu

Abstract—VISIR es el laboratorio remoto más conocido y premiado, especialmente en el ámbito de la electrónica. El trabajo presenta el catálogo de circuitos electrónicos y eléctricos básicos que la Universidad de Deusto despliega en diferentes asignaturas de distintos grados. El objetivo de este trabajo es presentar y debatir con la comunidad TAEE su aplicación curricular y su valor educativo en el aula.

Keywords— Laboratorio remotos, VISIR, circuitos eléctricos y electrónicos

I. INTRODUCCIÓN

VISIR [1] es un laboratorio remoto centrado en el montaje y medida de circuitos eléctricos y electrónicos básicos y ha sido desarrollado por el Blekinge Institute of Technology, BTH, en Suecia bajo la coordinación de Ingvar Gustavsson, desgraciadamente fallecido hace unos años.

VISIR en la actualidad es un consorcio que engloba a distintas universidades y cuenta con despliegues en Suecia, España, Portugal, USA, Austria, Alemania, India, Marruecos, Georgia, Costa Rica, Argentina y Brasil. Es un proyecto activo tanto en el ámbito docente como en investigación, dando lugar a proyectos europeos específicos como PILAR y VISIR+. VISIR es un proyecto bien conocido por la comunidad investigadora y cuenta con cerca de 100 publicaciones que tienen a VISIR como elemento principal.

VISIR recibió en el 2015 el Premio al Best Remote Lab concedido por GOLC (Global Online Laboratory Consortium) en su primera edición, e Ingvar Gustavsson recibió *in memoriam* en 2018 el Maffioli Award de la European Society for Engineering Education (SEFI).

Este trabajo pretende atraer a profesores al VISIR para su desarrollo académico e investigador y su estructura pretende ser un catálogo y una guía de buenas prácticas con VISIR. Las secciones 2 y 3 describen VISIR en general y en la Universidad Deusto. La cuarta sección es la más larga y es un catálogo de experimentos y actividades en VISIR. La sección 5 describe el VISIR desde el punto de vista de Learning Analytics, mientras que la sexta sección aborda la evaluación pedagógica de VISIR. La séptima sección está dedicada a las conclusiones y el trabajo futuro.

II. VISIR EN LA UNIVERSIDAD DE DEUSTO

El VISIR en la Universidad de Deusto está basado en la última distribución HTML5 y dispone de 14 tarjetas de componentes, fuente de continua, generador de funciones,

osciloscopio y un único multímetro todo ello con un coste superior a los 30.000 euros. VISIR se ofrece al alumno dentro de WebLab-Deusto, lo que obvia parte del diseño original de VISIR.

VISIR en la UDeusto ha sido usado en los últimos diez años por al menos diez profesores en seis asignaturas distintas de cinco grados en ingeniería de dos campus. En este tiempo los alumnos han abierto más de 80.000 sesiones y han llevado a cabo más de 2.000.000 de medidas en circuitos. En todo este tiempo el VISIR ha estado caído solo en dos ocasiones por problemas técnicos. Lo anterior da idea de su utilidad y confiabilidad, dos características apreciadas por el profesor.

Específicamente, en el curso 2018-2019 más de 200 alumnos usaron VISIR, abrieron 10.881 sesiones y llevaron a cabo 282.051 medidas de circuitos. En este año hubo un problema técnico ya que “quemamos” un relé haciendo pruebas con circuitos LC.

III. CÓMO FUNCIONA VISIR

VISIR está implementado mediante un equipo PXI de NI que cuenta con un ordenador, multímetro, generador de ondas, fuente de continua y osciloscopio. A estos instrumentos de medida se une un conjunto de 14 tarjetas que con sus relés conectan los dispositivos incluidos en las mismas: resistencias, diodos, condensadores, etc. Una descripción técnica detallada se encuentra en [1].

Al entrar en VISIR el alumno se encuentra con la interface de la Fig. 1. En la parte superior encuentra los dispositivos (resistencias, condensadores, etc.) que puede combinar para crear su circuito mediante cables en la parte de la protoboard (ver Fig. 2).

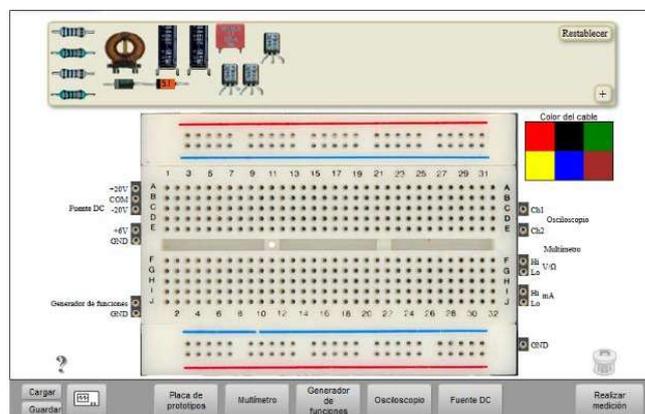


Fig. 1. Interface de VISIR

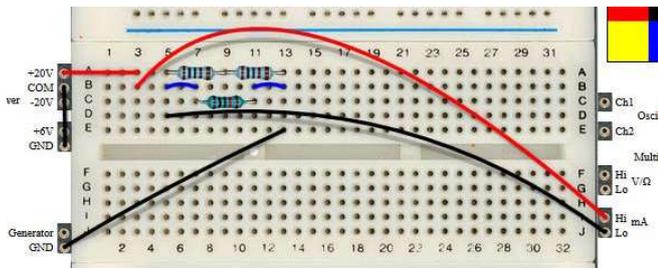


Fig. 2. Circuito montado en la protoboard de la interface de VISIR

Una vez montado y alimentado el circuito DC, falta conectar el multímetro para medir la tensión o intensidad deseada (ver Fig. 3). En el caso de un circuito AC, se usará el generador de funciones y el osciloscopio o el multímetro.



Fig. 3. Fuente de alimentación y multímetro de VISIR

Cuando el alumno hace clic en Perform Measurement/Realizar medición, entonces el VISIR detecta qué relés debe abrir/cerrar en las 14 tarjetas de componentes. Claramente, toda vez que el número de tarjetas es fijo, el alumno no puede crear cualquier circuito con cualquier dispositivo, sino que solo puede crear aquellos que han sido incluidos en VISIR-Deusto y que se verán más adelante.

La gestión de las tarjetas de componentes, de los relés y de los ficheros que lo controlan todo es un trabajo que exige disponer de una persona con formación en VISIR.

El sistema descrito anteriormente tiene una característica adicional muy importante: las medidas están multiplexadas. En el diseño original Ingvar Gustavsson consideró que varios alumnos podrían acceder a la vez al VISIR de manera que podrían ordenar medidas simultáneamente. VISIR simplemente multiplexa sus recursos cada 10 ms aproximadamente, esto es, cuando el alumno hace clic en Perform Measurement: la interface envía el circuito montado por el alumno, VISIR lo monta y mide y le devuelve el resultado en ms. De esta forma cada alumno parece tener el control de todo el VISIR, sin compartirlo, pero no es así. VISIR recomienda no pasar de 50 alumnos conectados simultáneamente, pero en UDeusto hemos accedido más de 100 personas a la vez con un retardo de unos 2-3 segundos.

Una ventaja del multiplexado y de que sea un experimento remoto es que alumnos de otras universidades y países pueden acceder al VISIR-Deusto. Esto es especialmente sencillo o positivo en Iberoamérica ya que cuando en España es de noche, allí es de día y por lo tanto compartir el recurso no tiene ninguna desventaja.

IV. USO EN EL AULA DE VISIR-DEUSTO

Toda vez que el VISIR es un experimento real digitalizado o computerizado vía Internet, entonces puede ser utilizado en clase con facilidad, lo que potencia el trabajo del profesor.

En general el profesor explica la teoría en el aula y luego más adelante el alumno la comprueba en el laboratorio clásico. Esta comprobación muchas veces consiste en comprobar la bondad del modelo matemático desarrollado en el aula. Esta separación entre teoría y práctica conlleva que muchas veces el alumno ya no recuerde muy bien cuál era el objetivo de aprendizaje. Ahora bien, usando VISIR en un aula con ordenadores, mientras el profesor explica un modelo matemático o una teoría, él puede refrendarla mediante un experimento compartido con los alumnos. Teoría y práctica se dan simultáneamente bajo un enfoque de indagación. VISIR, claramente, es una herramienta de Technology Enhanced Learning (TEL).

A continuación se van a describir algunos casos de uso de VISIR en el aula de electrónica en la UDeusto. Estos ejemplos quieren mostrar el potencial didáctico de VISIR.

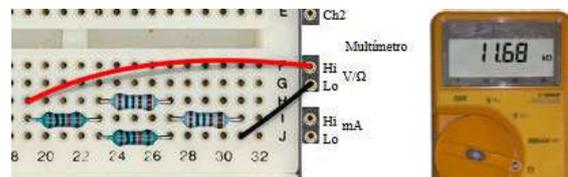
A. Circuitos DC

VISIR-Deusto cuenta con cuatro resistencias, 2 de 1 kΩ y 2 de 10 kΩ que pueden ser conectadas de cualquier manera y alimentadas con una fuente DC de 0 V-20 V.

En este momento es importante una aclaración. Ya se ha dicho que cada VISIR dispone de un conjunto finito de relés que debe “aprovechar” según su criterio. En UDeusto hemos preferido usar pocas resistencias, pero que el alumno las pueda combinar de cualquier manera. Otras universidades, prefieren manejar un conjunto mayor de circuitos, pero que en ellos el alumno no pueda hacer modificaciones a su gusto.

1) Asociación de resistencias

En nuestro caso creamos un Google Sheet compartido con los alumnos con 20 circuitos a montar y medir. Los alumnos lo hacen de forma simultánea en clase de manera que pueden ver si lo medido por ellos (ver Fig. 4) coincide con lo medido por sus compañeros o por el profesor. En nuestro caso, además el alumno comprende el concepto de error en la medida.



valor calculado	error absoluto	error %	valor medido	desv típica	Jubia	medida O	medida Julien	medida et	medida Borja	medida Alex
20000	21.28	1.06	1.978.00	6.251	1.977.00	1.977.00	1.977.00	1.977.00	1.977.00	1.977.00
11000	49.69	0.25	19.951.00	4.47	19.950.00	19.950.00	19.950.00	19.950.00	19.950.00	19.950.00
11000	48.69	0.44	18.952.00	5.23	18.950.00	18.950.00	18.950.00	18.950.00	18.950.00	18.950.00
11000	28.69	0.16	18.989.00	5.18	18.999.00	18.999.00	18.999.00	18.999.00	18.999.00	18.999.00
500	2.35	0.51	497.45	9.09	497.50	497.50	497.50	497.50	497.50	497.50
5000	17.45	1.15	4.942.55	3.09	4.943.00	4.943.00	4.943.00	4.943.00	4.943.00	4.943.00
909.1	1.12	0.12	907.88	0.06	908.00	908.00	908.00	908.00	908.00	908.00
22000	189.39	0.82	21.819.39	5.18	21.829.00	21.829.00	21.829.00	21.829.00	21.829.00	21.829.00
7000	61.39	0.88	6.938.19	1.02	6.938.00	6.940.00	6.938.00	6.938.00	6.938.00	6.938.00

Fig. 4. Experiencia de conexión y medida con resistencias

El profesor decidirá si da a sus alumnos el modelo matemático durante la clase o si los alumnos pueden descubrirlo mediante indagación apoyada por el profesor. Parece fácil para la asociación en serie, y algo más complejo para el paralelo.

2) Leyes de Ohm y de Kirchhoff

La primera Ley de Kirchhoff suele causar asombro en el alumno al ver que añadir nuevas resistencias en paralelo no modifica la corriente de la primera resistencia. En este caso el profesor y el alumno pueden medir y analizar la corriente en cada caso.

En la Fig. 5 se ve que para 1 kΩ alimentado con 6 V la corriente es de casi 6 mA. La Fig. 7 muestra cómo al añadir 10 kΩ en paralelo, la corriente en la rama de 1 kΩ no ha cambiado.

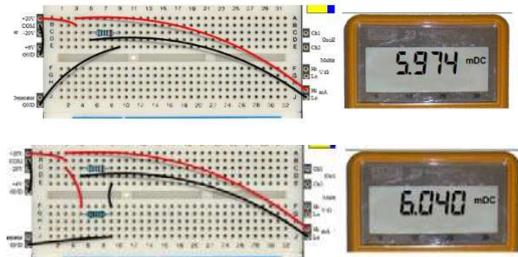


Fig. 5. Ley de Kirchoff y medida de corriente

Una pregunta que le surge al profesor que usa VISIR es ¿qué pasa si el circuito del alumno no es correcto? ¿lo corrige? ¿le advierte? La respuesta es que VISIR no da ningún mensaje al alumno cuando no mide bien (ver Fig. 6), comportándose como un puesto de trabajo de laboratorio clásico.

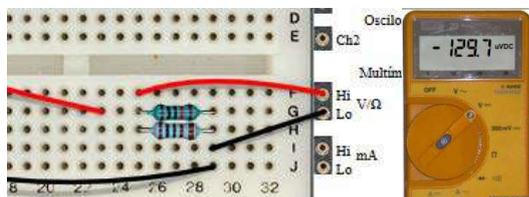


Fig. 6. Circuito erróneo en VISIR

El único mensaje que ofrece VISIR es cuando el alumno intenta crear un circuito que es peligroso (ver Fig. 7), generalmente creando un cortocircuito, o cuando intenta crear un circuito que no existe en las tarjetas de componentes y relés de nuestro VISIR.

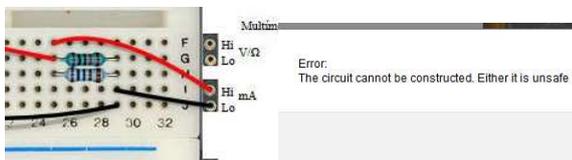


Fig. 7. Circuito peligroso o no existente en VISIR

3) Teorema de transferencia de máxima potencia

De nuevo el profesor puede plantear este problema desde un planteamiento matemático o desde un experimento. En este caso VISIR-Deusto plantea el experimento asociando a la fuente DC una resistencia, R_s , de 1 kΩ, mientras que a R_o se le pueden asignar uno a uno los siguientes valores: 100 Ω, 470 Ω, 1 kΩ y 10 kΩ (ver Fig. 8). Además, el alumno con cierto ingenio puede obtener nuevas resistencias mediante combinaciones de otras, por ejemplo puede probar con 5 kΩ mediante la asociación en paralelo de dos resistencias de 10 kΩ.

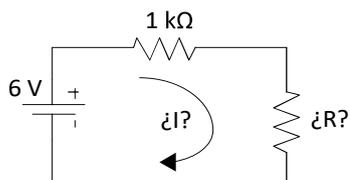


Fig. 8. Circuito del experimento de máxima potencia

Para este experimento es perfecto contar con dos multímetros, uno para medir corriente y otro para tensión. Este no es el caso de UDeusto, pero sí de otros VISIR como el UFSC en Brasil o el de ISEP en Portugal.

B. Circuitos AC

El enfoque con circuitos básicos de alterna es el mismo: indagar mediante experimentación en los fundamentos y modelos matemáticos.

1) Cálculo del valor eficaz de una señal de alterna

Una primera experiencia para que el alumno tome contacto con el generador de funciones y el osciloscopio consiste en que el alumno mida el valor eficaz, V_{rms} , de distintos tipos de señal (sinusoidal, cuadrada, triangular y diente de sierra) con distintas amplitudes y frecuencia. De nuevo estas medidas se pueden repartir entre los alumnos de clase mediante Google Sheet para finalmente analizar o encontrar entre todos la relación que hay entre V_{max} y V_{rms} . Además, el profesor podrá abordar el problema matemáticamente.

La Fig. 9 muestra la medida de V_{max} y V_{rms} de una sinusoidal de 10 Vpp de 1 kHz. Los valores obtenidos son $V_{max}=5,088$ V y $V_{rms}=3,545$ V, y el cociente es 1,44, más o menos raíz de 2.

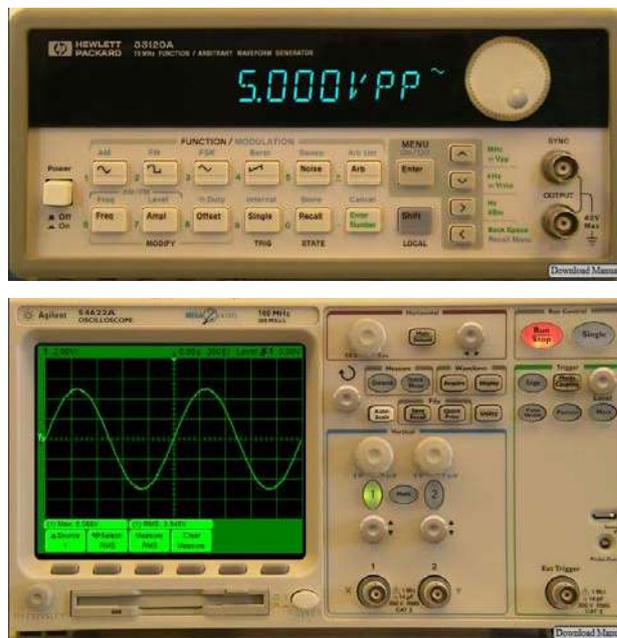


Fig. 9. Medidas de señales de alterna

2) Aplicación del teorema de transferencia de la máxima potencia

Como se ve en Fig. 9, resulta que el valor introducido como V_{pp} es de 5 V, en vez de los 10 V del enunciado ¿por qué? La razón estriba en la diferencia entre la impedancia esperada por el generador de funciones (50 Ω, la misma que la del generador) y la aportada por el osciloscopio, que es de 1 MΩ aproximadamente. El profesor tiene en esta situación un buen ejemplo de aplicación del teorema ya nombrado.

3) Circuito RC como filtro paso bajo

En VISIR-Deusto el profesor puede abordar el análisis de un simple circuito RC donde R puede tomar los valores 1 kΩ y 10 kΩ y C puede tomar los valores 1 μF, 10 μF y 0,1 μF.

La Fig. 10 muestra un RC con 1 kΩ y 1 μF y su comportamiento frente a una sinusoidal de 10 Vpp y 500 Hz.

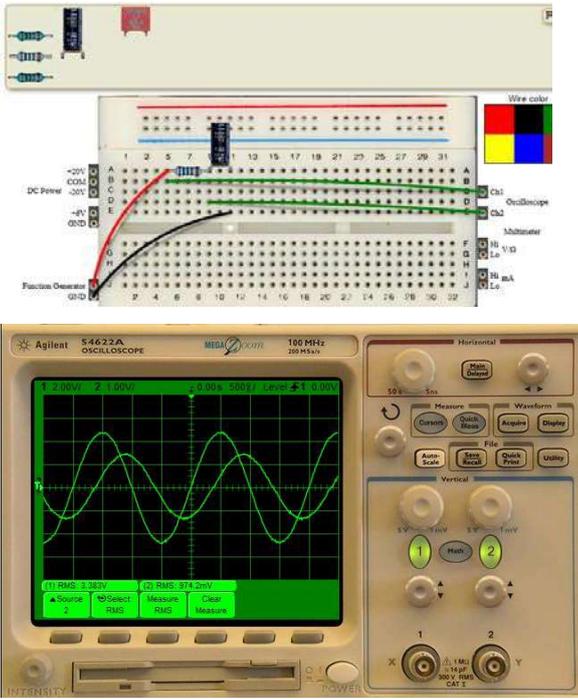


Fig. 10. Montaje y visualización en el osciloscopio de un RC

En este caso $V_{rms,sal}/V_{rms,ent}$ es del 29% aproximadamente. Y el retardo es de 400 μs , 1,26 rd. Las medidas para distintos circuitos pueden ser de nuevo compartidas entre los alumnos.

4) Cálculo y medida de X_C

En el experimento anterior se pueden medir V_{rms} e I_{rms} en el condensador, y de esta manera calcular X_C como V_{rms}/I_{rms} . La Fig. 11 muestra los valores obtenidos para el circuito anterior.

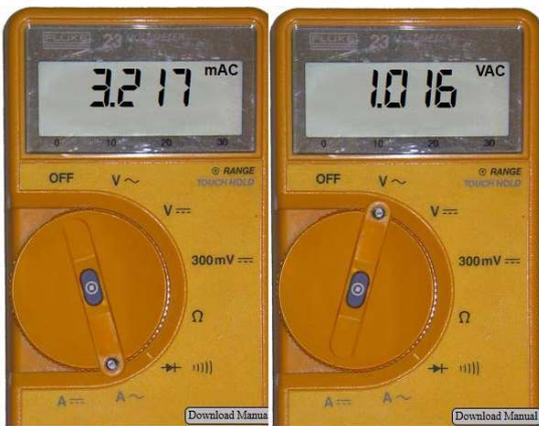


Fig. 11. Medidas de corriente y tensión en el condensador de un RC

En este caso X_C vale 315 Ω experimentalmente, mientras que mediante el cálculo es $X_C=1/(\omega \cdot C)=318 \Omega$. Es decir, ambos resultados coinciden.

5) Cálculo y medida de X_L

Igual que con el condensador se puede proceder con la bobina. En este caso $X_L=\omega \cdot L$.

VISIR-Deusto permite combinar $R=100 \Omega$ con $L=10$ mH y 100 mH. El alumno repetirá el proceso anterior y esperará confirmar la validez experimental de la expresión matemática. Por tanto si se trabaja con una señal sinusoidal de 100 Hz, 5

V_{pp} , $R=100 \Omega$ y $L=10$ mH, entonces por un lado se espera obtener $X_L=2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 0,01 = 6,28 \Omega$, pero curiosamente los valores V_{ef} e I_{ef} que se obtienen son los de la Fig. 12.



Fig. 12. Medidas de corriente y tensión en el condensador de un RL

Por tanto

$$X_L = \frac{0,377}{0,00923} = 40,85 \Omega \text{ ¿ es igual a } 6,28 \Omega ?$$

En este caso el resultado experimental no coincide con el teórico, ¿por qué? La razón estriba en que la bobina no solo presenta un comportamiento inductivo, sino también uno resistivo, y dependiente de la frecuencia.

6) Obtención de la frecuencia de corte

En un circuito RC la frecuencia de corte, f_c , es un valor que indica que para esa frecuencia, $V_{ef,o}/V_{ef,i}$ es de un 70% aproximadamente, un filtrado del 30%. Teóricamente este valor es

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

De nuevo el planteamiento es si se puede comprobar la validez de la expresión matemática. El alumno debe diseñar el experimento que le permita validar o refutar lo anterior. El osciloscopio de la Fig. 13 muestra los resultados para un circuito $R=1 \text{ k}\Omega$, $C=1 \mu\text{F}$, $f=160 \text{ Hz}$ y 10 Vpp en la entrada.

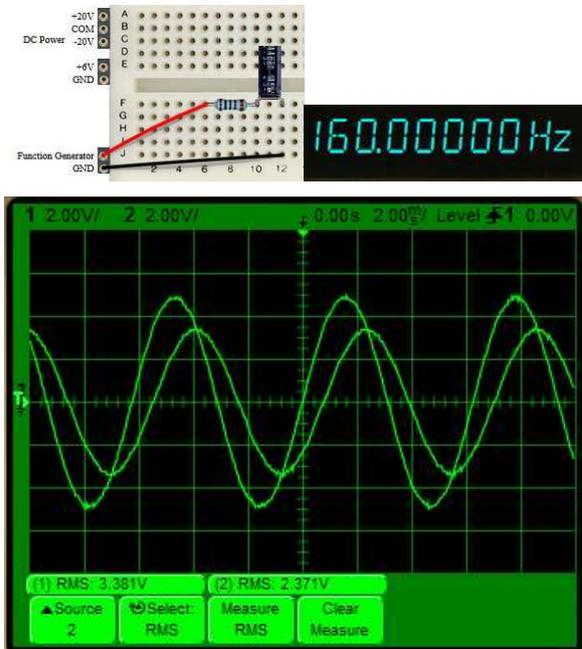


Fig. 13. Experimento con la frecuencia de corte de un RC

En el osciloscopio se observa que lo obtenido coincide con lo esperado:

$$\frac{V_{ef,o}}{V_{ef,i}} = \frac{2,371}{3,381} = 70\%$$

En este momento el profesor puede plantear al alumno que descubra o compruebe si existe una relación entre un % de filtrado y una frecuencia expresada como múltiplo de f_c . Por ejemplo, para $5 \cdot f_c$ el filtrado es del 80%, es decir, la salida es el 20% de la entrada. La Fig. 14 muestra los resultados para 800 Hz. Se ve que

$$\text{para } 900 \text{ Hz } \frac{V_{ef,o}}{V_{ef,i}} = \frac{0,61}{3,5} = 17\% \cong 20\%$$

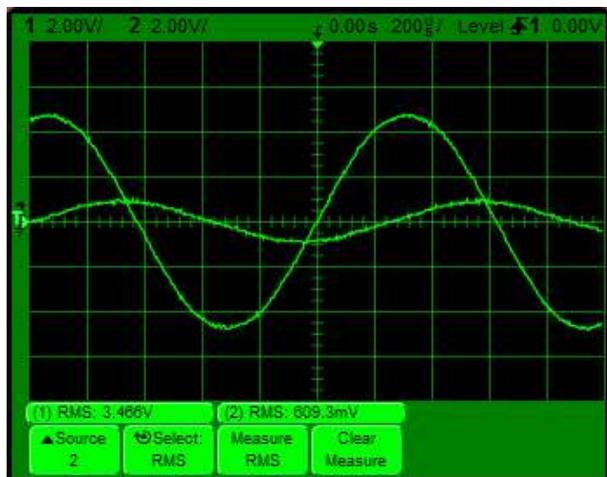


Fig. 14. Filtrado de señales en un circuito RC

¿Ocurre lo mismo para $10 \cdot f_c$ y un filtrado del 90%?

7) Comportamiento lineal de un circuito RC

En algunos casos el alumno tiende a ver un comportamiento lineal en un circuito RC. Según sean los valores, ve que según se doble la frecuencia, se reduce a la mitad la tensión de salida (Por ejemplo con $1 \text{ k}\Omega$, $1 \mu\text{F}$ y $f=250, 500$ y 1000 Hz). Sin embargo esto no es así.

En este caso el profesor puede plantear al alumno que para un circuito RC ($1 \text{ k}\Omega$ y $1 \mu\text{F}$) mida la tensión de salida y el desfase en radianes para distintas frecuencias. Si además el profesor anima al alumno a usar una escala en decibelios, entonces podrá introducir el diagrama de Bode y podrá marcar la importancia de la f_c en este tipo de diagramas.

La figura 15 muestra los resultados del anterior circuito para distintos valores de f .

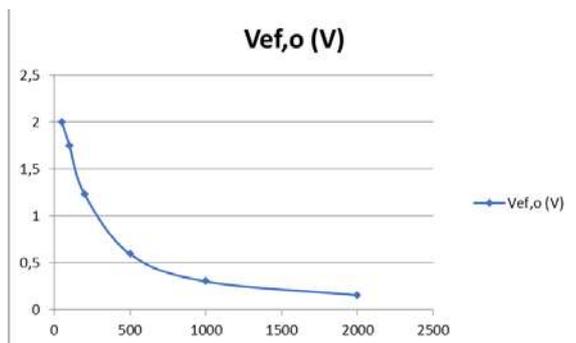


Fig. 15. Variación de la tensión en C frente a la frecuencia de entrada

8) Desfase entre la tensión del condensador y la de la resistencia

El estudio analítico de un circuito RC muestra que las tensiones en el condensador y la resistencia están desfasadas $\pi/2$ radianes, sean cuales sean los valores de R, C y f.

La Fig. 16 muestra cómo obtener la tensión en la resistencia. El osciloscopio de VISIR permite superponer sobre los dos canales, Ch1 y Ch2, la imagen de Ch1-Ch2 o de Ch1+Ch2. En este caso, se visualiza Ch1-Ch2, y así $v_i(t) - v_c(t) = v_r(t)$.

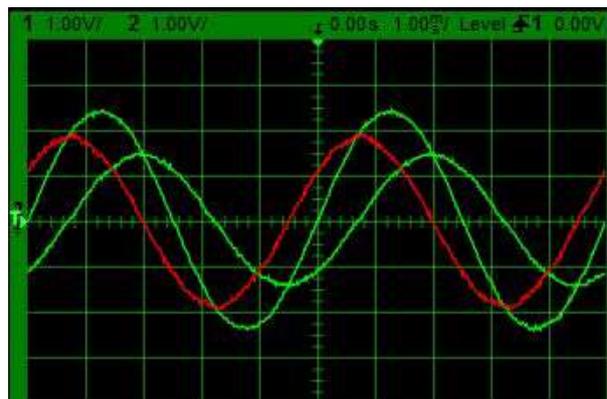


Fig. 16. Señales v_i , v_r y v_c en un circuito RC

Leyendo la Fig. 18 se ve cómo el desfase entre $v_c(t)$ (Ch2) y $v_r(t)$ (Ch1-Ch2, señal roja) es de $\pi/2$ rd.

9) Circuito RC con entradas no sinusoidales

En las anteriores prácticas el alumno ha descubierto o comprobado el comportamiento de un circuito RC frente a distintas entradas sinusoidales, pero ¿qué ocurre si la entrada es una triangular, una cuadrada o un diente de sierra?

Seguramente el alumno pensará que la salida será una triangular de igual frecuencia, menor valor eficaz y retardada un tiempo. Sin embargo la Fig. 17 muestra el resultado de excitar un circuito RC, $R=1 \text{ k}\Omega$ y $C=1 \mu\text{F}$, con una triangular de 300 Hz y 5 Vpp .

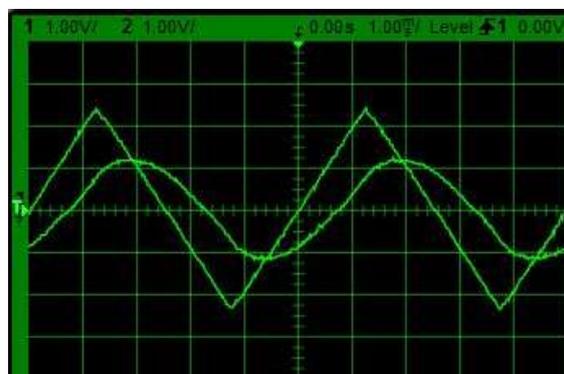


Fig. 17. Salida de un circuito RC frente a una señal triangular de entrada

La salida no es una señal triangular, si acaso lo es sinusoidal. En este momento el profesor puede remarcar que no se debe esperar nada de un experimento, que primero corresponde observar y medir, y luego analizar. Desde el punto de vista teórico, el profesor puede introducir la serie de Fourier y reforzar el comportamiento del RC como un filtro paso bajo.

10) Comportamiento de un circuito CR

Si un circuito RC se comporta como un filtro paso bajo, un circuito CR es un circuito paso alto. El alumno puede analizar su comportamiento utilizando las herramientas ya vistas hasta ahora.

La Fig. 18 muestra el comportamiento del circuito RC de la Fig. 17 solo que en este caso R y C se han intercambiado en el circuito. Como se puede ver en Fig. 18, lo que antes era la salida, Ch2, es ahora Ch1-Ch2.

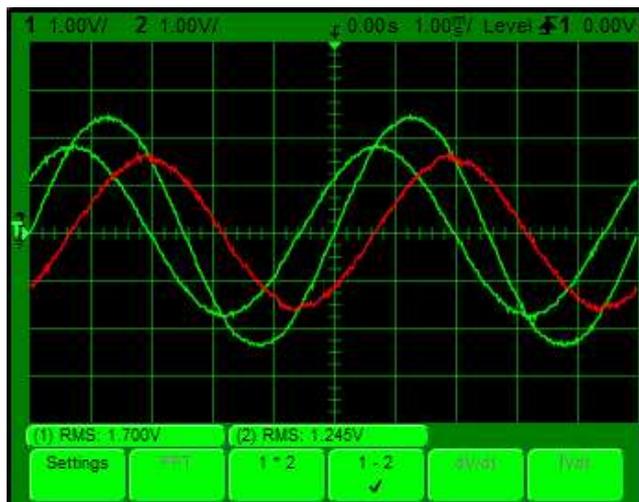


Fig. 18. Comportamiento de un circuito CR

11) Respuesta transitoria de un RC, carga y descarga de un condensador

Hasta ahora se ha visto la respuesta de un circuito RC frente a una entrada sinusoidal y en régimen permanente, pero también tiene interés ver cómo se carga y descarga un condensador frente a un cambio brusco en la entrada, frente a una señal cuadrada.

En este la resolución analítica del circuito indica que la carga y descarga del condensador es exponencial según una constante de tiempo $\tau=R \cdot C$. Según la resolución matemática del circuito, en el instante τ la salida alcanza más o menos el 63% del valor final.

La Fig. 19 muestra el comportamiento de un circuito RC ($R=1 \text{ k}\Omega$ y $C=1 \mu\text{F}$) frente a una entrada cuadrada de 100 Hz y 5 Vpp.

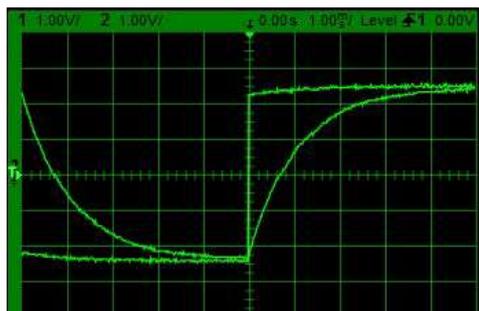


Fig. 19. Respuesta transitoria de un RC frente a un escalón

Análiticamente el valor de es $\tau=R \cdot C=1 \text{ ms}$. La excursión de la señal de entrada y de salida es de 5 V (desde -2,5 V a 2,5 V) y dicha excursión alcanza el 63% para 0,65 V. Mirando la gráfica vemos que la salida alcanza el valor 0,65 V más o menos para 1 ms, y por lo tanto lo experimental y lo analítico coinciden. Desgraciadamente la versión HTML5 de VISIR todavía no contempla el uso de los cursores (la versión Flash sí lo hacía), aunque hay varias personas trabajando en ello.

Igual que ocurría con f_c , con τ se puede plantear al alumno:

- para $0,7 \cdot \tau$ la salida alcanza el 50% de la excursión de la entrada,
- para $5 \cdot \tau$ se puede decir que el condensador está cargado (o descargado)
- para $2,2 \cdot \tau$ la salida pasa del 10% al 90% del valor final

C. Circuitos con diodos

A continuación se describen algunos de los circuitos de los que dispone VISIR-Deusto para trabajar con diodos.

1) Caracterización del diodo

Igual que antes se han caracterizado la resistencia, el condensador y la bobina, también se puede caracterizar el diodo, aunque este es un dispositivo más rico y complejo.

Para obtener la curva característica del diodo, VISIR-Deusto ofrece un diodo 1N4007 y dos resistencias una de 6Ω y 25 W y otra de $1 \text{ k}\Omega$. La primera resistencia nos permite medir la intensidad respetando la resistencia interna del diodo, mientras la segunda nos permite medir la intensidad para un mayor rango de variables de entrada.

La Fig. 20 muestra el circuito de caracterización para un diodo 1N4007 con una resistencia de 6Ω . El experimento simplemente consiste en ir dando valores a V_{in} mediante la fuente DC e ir midiendo la intensidad en el circuito. Los datos medidos se recogen en una tabla y se grafican. Hay que tener en cuenta que VISIR tiene limitada la máxima corriente que puede circular por los circuitos a 0,5 A para evitar daños en los equipos.

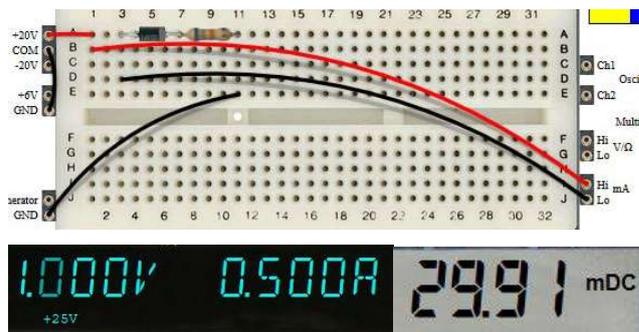


Fig. 20. Experimento de caracterización del diodo y medida de intensidad

Repetiendo las medidas se obtiene la curva característica de Fig. 21.

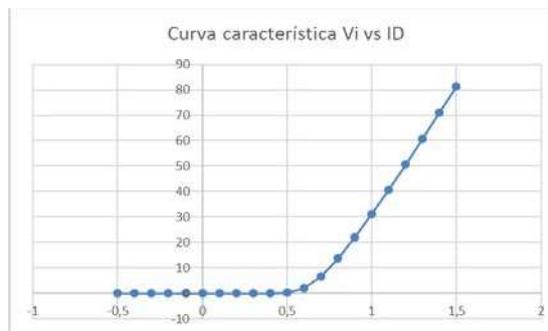


Fig. 21. Curva característica del diodo 1N4007

Como ya se ha dicho, también se podría caracterizar el diodo con una resistencia de $1 \text{ k}\Omega$, e incluso sin resistencia. En este último caso, la tensión de entrada no puede superar 1 V para no superar los 0,5 A. Es decisión del profesor caracterizar de una u otra forma.

La Fig. 21 permite al alumno calcular gráficamente la resistencia interna del diodo, r_d .

Para obtener la curva de transferencia del diodo simplemente hay que usar el circuito anterior, pero midiendo la caída de tensión en la salida R (ver Fig. 22). Claramente aquellas universidades que disponen de dos multímetros pueden hacer este experimento junto con el otro, aunque este no es el caso de UDeusto.

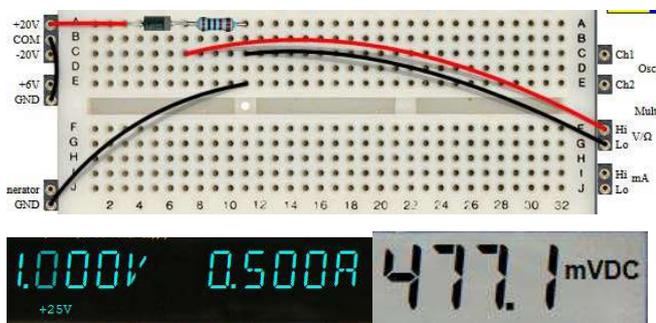


Fig. 22. Experimento de caracterización del diodo y medida de tensión

Grificando los resultados obtenidos uno a uno se obtiene la Fig. 23.

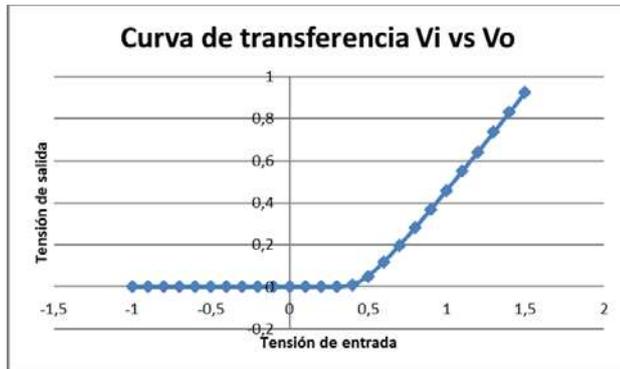


Fig. 23. Curva de transferencia del diodo 1N4007

Para obtener la caída de tensión en el diodo, simplemente habrá que mover las puntas del multímetro y repetir el proceso para obtener la Fig. 24.

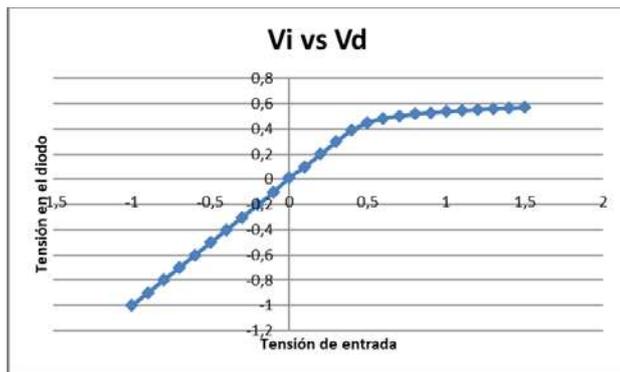


Fig. 24. Tensión en el diodo

Utilizando las gráficas anteriores, el profesor podrá explicar al alumno el concepto de tensión umbral en el diodo, que en este caso es $V_{TH}=0,7$ V, aproximadamente.

2) Rectificador de media onda

En este caso el alumno comprueba cuál es el efecto de añadir en serie un diodo a una resistencia excitada con una entrada sinusoidal.

En este circuito, la salida está rectificada, es decir, solo presenta valores positivos, ya que los negativos han sido “frenados” por el diodo. La Fig. 25 muestra a la perfección este comportamiento.

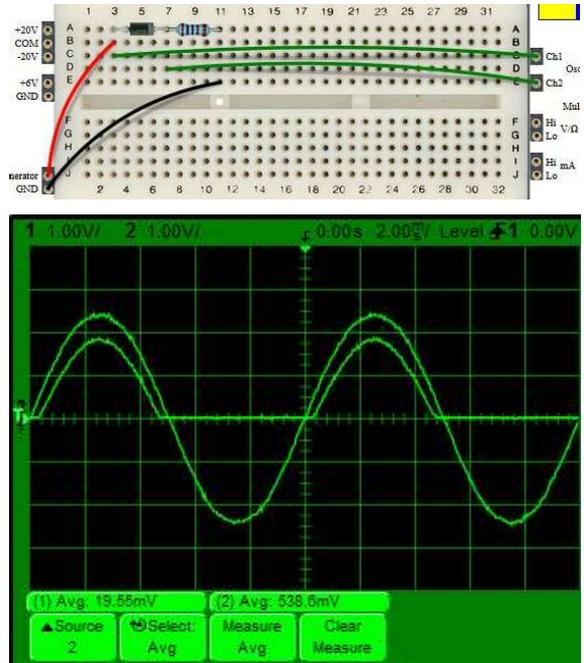


Fig. 25. Experimento y salida de un rectificador de media onda

Lo más característico de la gráfica anterior es que en las medidas se ve que el valor medio ya no es 0 V (o casi), como sí lo era en la entrada. Al rectificar la entrada, la salida tiene un valor medio no nulo.

Si además de ver el comportamiento en la salida, se desea ver el comportamiento en el diodo entonces habrá que activar de nuevo la opción math del osciloscopio de VISIR, tal y como muestra la Fig. 26.

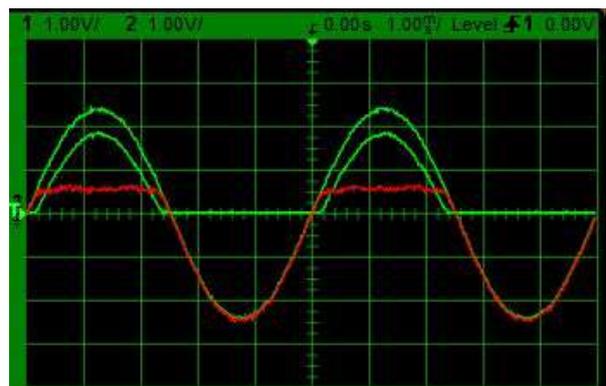


Fig. 26. Tensión en el diodo para un rectificador de media onda

El profesor podrá recalcar en la Fig. 26 los resultados obtenidos en la caracterización del diodo en las Figs. 21, 23 y 24.

3) Conversor AC-DC

Si al circuito rectificador de media onda anterior se le añade un condensador en paralelo con la carga, entonces este se convierte en un conversor AC-DC. En la Fig. 27 se muestra

el circuito AC-DC de media onda con un condensador de 1 μF .

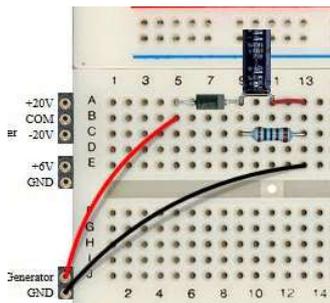


Fig. 27. Conversor AC-DC con rectificador de media onda y condensador

La salida se puede ver en la Fig. 28.

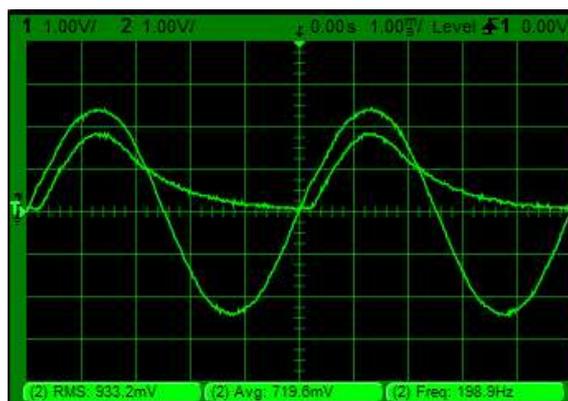


Fig. 28. Salida de un conversor AC-DC en el osciloscopio

En la Fig. 28 se ve que la salida ya no es ni una sinusoidal, ni una semisinusoidal. En este caso el valor medio ha subido respecto del rectificador de media onda, y ahora es de 0,72 V, mientras que el V_{rms} también ha subido y es de 0,933 V.

Cuando se diseña un conversor AC-DC no es solo importante el valor V_{cc} , también lo es el rizado, ya que este valor indica cuán “plana” o continua es la señal de salida. El rizado se obtiene como el cociente entre el valor eficaz de la componente de alterna de la salida entre V_{cc} . VISIR permite visualizar solo la componente de alterna de la salida, tal y como se puede ver en la Fig. 29.

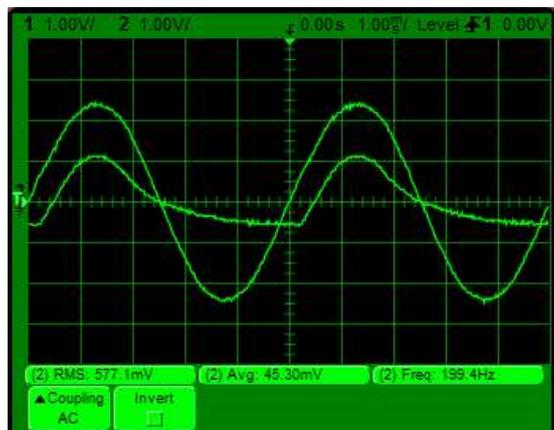


Fig. 29. Componente de alterna de la salida en el osciloscopio

Utilizando los valores medidos en las Figs. 28 y 29:

$$\text{rizado} = \frac{V'_{ef,o}}{V_{cc}} = \frac{0,577}{0,933} = 62\%$$

El valor ideal de rizado es del 0%, y este conversor AC-DC está muy lejos de ello. La curva de salida claramente no es “plana” o continua.

Si se sustituye el condensador de 1 μF por el de 10 μF se obtiene la salida de la Fig. 30.

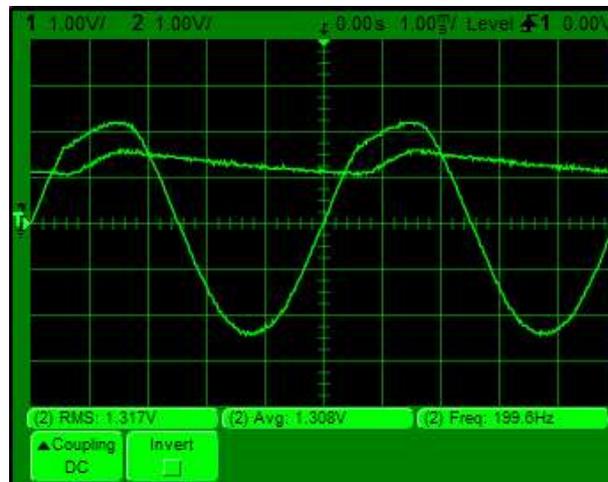


Fig. 30. Conversor AC-DC con condensador de 10 μF

En este caso el valor eficaz de la componente de alterna de la salida es 0,133 V y el valor eficaz de la salida es 1,317 V. Así el rizado queda

$$\text{rizado} = \frac{V'_{ef,o}}{V_{cc}} = \frac{0,133}{1,317} = 10\%$$

Este valor de rizado del 10% ya es más aceptable y de hecho la salida es más o menos continua.

En este momento el profesor puede experimentar con distintos valores de R y de C, así como con la frecuencia de la señal de entrada.

V. SEGUIMIENTO Y LEARNING ANALYTICS EN VISIR-DEUSTO

VISIR-Deusto es un experimento remoto que se ofrece desde el RLMS (Remote Lab Management System) WebLab-Deusto. Dicha plataforma tiene varias ventajas intrínsecas:

- Conexión directa a Moodle y otros LMS.
- Gestión de user/pass mediante LTI y otras técnicas.
- Federación de experimentos remotos.
- Seguimiento tracking de usuarios.

Las dos primeras descargan al profesor de mucho trabajo y facilitan el acceso de los alumnos al VISIR.

Además WebLab-Deusto registra toda la actividad del usuario: cuándo entró, cuánto tiempo estuvo conectado, qué circuitos montó, qué medidas hizo, etc. Esta característica tiene dos aplicaciones.

Por un lado permite al profesor ver el resumen de la actividad del alumno. La Fig. 31 muestra el resumen de la actividad de los alumnos de una asignatura de Ing. Informática en el segundo semestre del curso 2019-2020 (todavía en marcha).

Información básica

Propiedad	Estudiantes	Profesores	Total
Usuarios activos	19	1	20
Número de sesiones de laboratorio	416	27	443

Fig. 31. Resumen de actividad de los alumnos en VISIR

La Fig. 32 muestra la actividad de los cinco alumnos más activos (se ha borrado su nombre por privacidad).

Nombre de usuario	Número de usos
zubia	27
	34
	33
	31
	30
	28

Fig. 32. Número de accesos por alumno

Además, WebLab-Deusto permite ver el detalle de cada alumno. La Fig. 33 muestra la actividad del primer alumno de la anterior lista, en ella se ve el número por día del mes y también se ve el número de accesos por día de la semana y hora. Este alumno trabaja la asignatura los martes a distintas horas, incluida la noche.

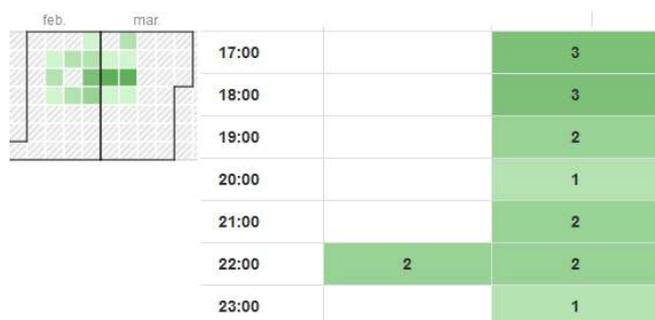


Fig. 33. Accesos al VISIR por día y hora de un alumno

A. Learning Analytics y VISIR Dashboard

Los anteriores datos son un resumen de la actividad del alumno pero no alcanzan un alto grado de detalle.

Learning Analytics, LA, es un campo que partiendo de una recogida masiva de datos de la actividad del alumno tiene como objetivos entender cómo aprende el alumno y cómo ayudarle en el aprendizaje y también evaluarle.

El equipo liderado por Jordi Cuadros de la IQS (Universidad Ramón Llull) está diseñando un Dashboard junto con la UDeusto para permitir un análisis basado en LA en VISIR [2].

El VISIR Dashboard no solo muestra un resumen de la actividad, sino que también se adentra en los detalles de dicha actividad.

Por ejemplo la Fig. 35 relaciona el número de circuitos creados por un número de alumnos. Lo interesante en este caso es que el VISIR Dashboard es capaz de normalizar los

circuitos de los alumnos. En la Fig. 34 se ven dos circuitos distintos de los alumnos, pero que son vistos como uno solo.

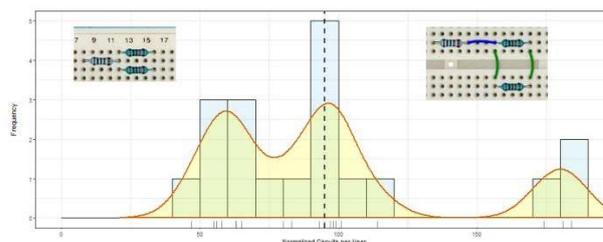


Fig. 34. Número de alumnos y número de circuitos en VISIR Dashboard

La Fig. 35 relaciona cuánto tiempo ha dedicado cada alumno (cada círculo) para obtener un determinado número de circuitos correctos. Así si un alumno está situado arriba a la derecha quiere decir que ha montado un número alto de circuitos que esa tarea le ha llevado un tiempo apreciable; un alumno abajo a la derecha indica que ha montado pocos circuitos en mucho tiempo, lo que no parece una buena noticia; y por último un alumno arriba a la izquierda indica que ha sido capaz de montar muchos circuitos en poco tiempo.

El análisis de la Fig. 35 y otras (por ejemplo, la que muestra los errores cometidos por los alumnos) permite al profesor analizar con detalle su asignatura y a sus alumnos.

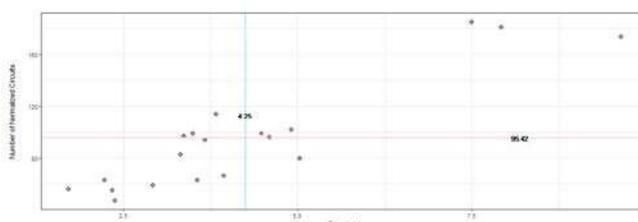


Fig. 35. Número de circuitos y tiempo dedicado por alumno

VISIR Dashboard ofrece más posibilidades al profesor y todavía está en desarrollo.

VI. EVALUACIÓN DE VISIR-DEUSTO

El experimento remoto VISIR cuenta con dos trabajos publicados [3,4] que llegan a la conclusión de que VISIR es una herramienta educativa que tiene efectos positivos en el aprendizaje del alumno. Es decir, usar VISIR no es solo una buena opción para un profesor, sino que también es un recurso pedagógico útil, contrastado y defendible en cualquier foro educativo universitario.

Además de medir el efecto que VISIR tiene en el aprendizaje del alumno, es importante medir la valoración subjetiva que el alumno tiene de la herramienta. UDeusto junto con IQS ha diseñado una encuesta de satisfacción del alumnado con VISIR que mide la utilidad, la usabilidad y la inmersión del alumno. El diseño partió de un análisis exhaustivo de otras encuestas para diseñar una primera encuesta de 16 preguntas. Este cuestionario fue pasado a más de 100 alumnos de distintos grados y universidades, y del análisis estadístico posterior se obtuvo el cuestionario actual que cuenta con 9 preguntas que se muestran a continuación. Cada ítem se asocia con una escala de Likert de 1 a 7.

Q1. El laboratorio remoto es fácil de usar	1-7
Q2. Usar el laboratorio remoto se parece a estar en un laboratorio real	1-7
Q3. Mis interacciones con el laboratorio remoto parecen reales	1-7
Q4. El laboratorio remoto me ayuda a aprender	1-7
Q5. Cuando uso el laboratorio remoto, me concentro en las tareas encomendadas	1-7
Q6. Puedo predecir el resultado que se obtiene al usar cada elemento de la interfaz del laboratorio remoto	1-7
Q7. El diseño del laboratorio remoto es suficientemente intuitivo de forma que no se requiere ayuda para usarlo	1-7
Q8. El laboratorio remoto cumple con mis requisitos	1-7
Q9. El laboratorio remoto me ayuda a aprobar	1-7

Los resultados obtenidos para la encuesta en el primer semestre del curso 2019-2020 ofrecen los siguientes resultados.

Pregunta	media	Desv. tip	Mediana
Q1	5,71	1,20	6
Q2	5,18	1,21	5
Q3	5,29	1,02	5
Q4	6,34	0,859	7
Q5	5,75	1,21	6
Q6	5,21	1,29	5
Q7	5,04	1,63	5
Q8	5,57	1,35	6
Q9	5,82	1,36	6

Los resultados muestran claramente que los alumnos aprecian y aceptan el uso de VISIR en el aula.

VII. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

VISIR es un experimento remoto que permite al profesor mejorar su docencia en el aula sin modificar o criticar su forma de dar clase. VISIR simplemente permite al alumno y al profesor llevar a cabo experimentos con libertad, tanto en el aula como fuera de ella.

VISIR es un experimento remoto muy activo en investigación en trabajos publicados, tesis doctorales, proyectos, etc., ya que presenta retos muy diversos. Por un lado existen retos tecnológicos para mejorar el rendimiento del sistema bajando su coste económico. Actualmente VISIR se basa en una solución PXI de National Instruments, y quizá existan actualmente tecnologías similares. También se puede mejorar la nueva interface HTML5 de VISIR, ya que no todas las funciones del osciloscopio están disponibles.

Los retos más claros aparecen al utilizar LA en VISIR. Por un lado si VISIR tuviera la capacidad de evaluar el trabajo del alumno, esto sería de gran ayuda para el profesor. Además, toda vez que el Dashboard “ve” lo que el alumno está

haciendo, entonces se podría diseñar un ITS (Intelligent Tutoring System) para recomendarle al alumno actividades o circuitos en función de los errores que cometa en VISIR.

Lo anterior conecta directamente con Adaptive Learning, y en este campo se podría diseñar una interface adaptativa, de manera que esta se modificará en función de los conocimientos, acciones o errores del alumno mientras usa VISIR.

Por último es importante profundizar en la federación VISIR tanto a nivel organizativo, integrando nuevos miembros en el consorcio VISIR, como a nivel técnico. En un escenario ideal con varios VISIR federados, el alumno al montar un circuito y solicitar a VISIR una medida, este recibiría una respuesta, aunque no sabría si esta viene de un VISIR en Deusto, en Oporto o en Brasil. Este enfoque haría al VISIR más sostenible y confiable.

Actualmente la empresa LabsLand (una start-up de UDeusto enfocada a la experimentación remota [5]) ofrece a las universidades y centros educativos interesados acceso a VISIR mediante un pequeño pago (pablo@labsland.com y <https://labsland.com/es/pricing>). LabsLand enfoca el desarrollo de la experimentación remota desde un enfoque de economía colaborativa, teniendo como pilar básico el servicio de calidad y profesional. Solo si un experimento remoto es confiable y sostenible será usado educativamente.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo cuenta con el apoyo del proyecto ACM2019-20 “Ampliación de las herramientas LA en VISIR”

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. Gustavsson et al., (2009) "On Objectives of Instructional Laboratories, Individual Assessment, and Use of Collaborative Remote Laboratories," in IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 2, no. 4, pp. 263-274, Oct.-Dec. 2009. doi: 10.1109/TLT.2009.42.
- [2] J. Garcia-Zubia, J. Cuadros, S. Romero, U. Hernandez-Jayo, P. Orduña, ML. Güenaga, L. Gonzalez-Sabate and I. Gustavsson, (2017) "Empirical Analysis of the Use of the VISIR Remote Lab in Teaching Analog Electronics," 2017, in Trans. On Education, Vol. 7, Issue 2, pp:149-156, doi: 10.1109/TE.2016.2608790.
- [3] M. Marques, M. Viegas, M. Costa-Lobo, A. Fidalgo, G. Alves, J. Rocha, (2014) "How Remote Labs Impact on Course Outcomes: Various Practices Using VISIR," 2014, Tin rans on Education, Vol. 57, Issue 3, pp: 151-159, doi: 10.1109/TE.2013.2284156.
- [4] J. García-Zubia et al., (2019) "Dashboard for the VISIR remote lab" in 5th Experiment International Conference (exp.at'19), Funchal (Madeira Island), Portugal, 2019, pp. 42-46. doi: 10.1109/EXPAT.2019.8876527.
- [5] P. Orduña, L. Rodríguez-Gil, J. García-Zubia, I. Angulo, U. Hernandez and E. Azcuenaga, (2016) "LabsLand: A sharing economy platform to promote educational remote laboratories main-tainability, sustainability and adoption," 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Erie, PA, USA, 2016, pp. 1-6. doi: 10.1109/FIE.2016.7757579.